

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340571

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl. H01S 3/18  
H01L 33/00

(21)Application number : 10-144502

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 26.05.1998

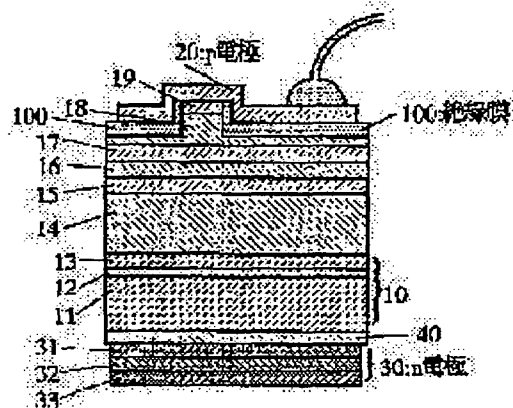
(72)Inventor : YAMADA TAKAO  
NAKAMURA SHUJI

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve adhesion between an n-electrode and a supporting body by providing a first layer of metal obtaining ohmic contact with an n-type nitride semiconductor, a second layer containing a metal whose melting point is higher than that of Al and a third layer containing Sn in the n-electrode from a side close to a second main face.

**SOLUTION:** An element structure having an n-side clad layer 14, formed of the superlattice structure of an undoped AlGaIn layer and a Si doped n-type GaIn layer and a p-side clad layer 18, formed of the superlattice structure of an Mg doped AlGaIn layer and an undoped GaIn layer, is formed in the first main face side of a nitride semiconductor substrate 10 formed of an n-type nitride semiconductor. An n-electrode 30 is formed on the second main face side of the nitride semiconductor substrate 10. A first layer 31 of a metal for obtaining ohmic contact with the n-type nitride semiconductor, a second layer 32 containing metal whose melting point is higher than Al, and a third layer 33 containing Sn or In, are stacked and formed in the n-electrode 30 from a side close to the second main face.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3360812  
[Date of registration] 18.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

..  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁（J P）

(12) 公開特許公報（A）

(11) 特許出願公開番号

特開平11-340571

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L （全 6 頁）

(21) 出願番号

特願平10-144502

(22) 出願日

平成10年(1998) 5月26日

(71) 出願人

000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者

山田 孝夫

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者

中村 修二

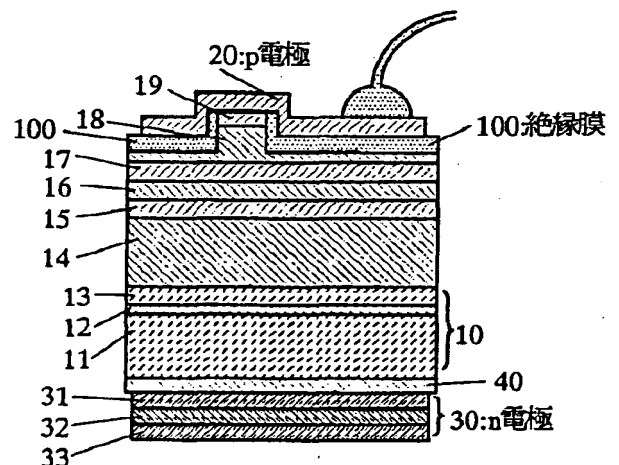
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体素子

(57) 【要約】

【目的】 GaN基板の裏面側に設けられたn電極と支持体との接着性、及びn電極のオーミック性を維持できる信頼性に優れた窒化物半導体素子を実現する。

【構成】 n型窒化物半導体基板の表面に素子構造が形成され、裏面にn電極が形成されており、n電極は、裏面側からn層と良好なオーミック接触が得られる金属を含む第1の層と、Alよりも高融点金属を含む第2の層と、Sn若しくはInを含む第3の層とを有する少なくとも3層構造を具備することにより、n電極はSn、Inが第1の層に欠く散ぜず、良好なオーミック性を保ったままで、強固な付着力を有する電極となる。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型窒化物半導体からなる窒化物半導体基板の第1の主面側に、n型窒化物半導体層及びp型窒化物半導体層を有する素子構造が形成され、その窒化物半導体基板の第2の主面側にn電極が形成され、そのn電極と支持体とが対向して、素子が支持体にダイボンディングされてなる窒化物半導体素子であって、前記n電極は、第2の主面に接近した側から、n型窒化物半導体と良好なオーミック接触が得られる金属を含む第1の層と、Alよりも高融点金属を含む第2の層と、Sn若しくはInを含む第3の層とを有する少なくとも3層構造を具備することを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項2】 前記n電極と第2の主面との間に、n型不純物がドーピングされた窒化物半導体層が成長されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子。

【請求項3】 前記窒化物半導体層のn型不純物濃度が、第2の主面近傍の窒化物半導体基板のn型不純物濃度よりも大きいことを特徴とする請求項2に記載の窒化物半導体素子。

【請求項4】 前記第1の層はW、Al、Ti、Zr、V、Nbからなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子。

【請求項5】 前記第2の層はW、Ti、Zr、Pt、Mo、Au、Niからなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子。

【請求項6】 前記第3の層はAu、Ge、Si、Agからなる群から選択された少なくとも一種の金属と、Sn若しくはInを含むことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子。

【請求項7】 前記窒化物半導体基板の第1の主面と、第2の主面との間に少なくともInを含む窒化物半導体層が形成されていることを特徴とする請求項1乃至6の内のいずれか1項に記載の窒化物半導体素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は窒化物半導体 ( $In_xAl_{1-x}Ga_{1-x-y}N$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) からなる発光ダイオード(LED)、レーザダイオード(LD)、スーパーミネッセントダイオード(SLD)等の発光素子、光センサー、太陽電池等の受光素子、あるいはトランジスタ、パワーデバイス等の電子デバイスに使用される窒化物半導体素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】我々はGaN基板の上に、活性層を含む窒化物半導体レーザ素子を作製して、世界で初めて室温での連続発振1万時間以上を達成したことを発表した(ICNS'97 予稿集, October 27-31, 1997, P444-446、及び

Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36(1997) pp. L1568-1571)。さらに、前記レーザ素子よりサファイアを除去してGaN単独とすることにより、5mW出力でも1万時間以上の連続発振に成功したことを発表した。(Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37(1998) pp. L309-L312、及びAppl. Phys. Lett. Vol. 72(1998) No. 16, 2014-2016)

【0003】以上のレーザ素子は、アンドープGaN基板のキャリア濃度が不十分であるため、そのGaN裏面側からn電極を取り出さず、窒化物半導体面側からn電極、及びp電極を取り出した構造となっている。このように同一面側からn、p、2種類の電極を取り出す構造ではチップサイズが大きくなるため、チップサイズを小さくするためには、基板裏面側から電極を取り出す必要がある。しかしアンドープGaNはキャリア濃度が低いので電極を形成できず、ある程度のキャリア濃度を得るためには、GaN基板成長中にn型不純物をドーピングしなければならない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】GaN基板にn型不純物をドーピングして、例えば $10^{17}/\text{cm}^3$ 以上のキャリア濃度が得られると、基板の裏面側からn電極を取り出すことができる。基板の裏面側に電極が設けられる場合、電極形成前に基板の裏面側はポリシングされて鏡面状にされることが多い。ポリシングでは例えばダイヤモンド研磨剤が用いられるため、n型窒化物半導体成長面(as-grown)面に比較して、その表面に受けるダメージが大きい。そのため基板面とn電極とで良好なオーミックを得ようとする、特別な工夫が必要である。

【0005】また、n電極側を支持体にダイボンドすると、ダイボンド材料により電極のオーミック性が失われる可能性がある。特にレーザ素子のように局所的に高温となる素子では時間経過と共に、熱によりオーミック性が失われると、駆動電圧が上昇し、素子寿命に直接関わってくる。また、窒化物半導体基板を用いた新規な構造の素子では、n電極と支持体とを強固に接着させる接着技術も良く知られていないのが実状である。

【0006】従って、本発明はGaN基板を用いた素子を実用化するに際し、GaN基板の裏面側に設けられたn電極と支持体との接着性、及びn電極のオーミック性を維持できる信頼性に優れた窒化物半導体素子を実現することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体素子は、n型窒化物半導体よりなる窒化物半導体基板の第1の主面側に、n型窒化物半導体層及びp型窒化物半導体層を有する素子構造が形成され、その窒化物半導体基板の第2の主面側にn電極が形成され、そのn電極と支持体とが対向して素子が支持体にダイボンディングされてなる窒化物半導体素子であって、前記n電極は、第2の主面に接近した側から、n型窒化物半導体と良好なオ

(3)

ーミック接触が得られる金属を含む第1の層と、Alよりも高融点金属を含む第2の層と、Sn若しくはInを含む第3の層とを有する少なくとも3層構造を具備することを特徴とする。

【0008】また、本発明の素子では、前記n電極と第2の主面との間に、n型不純物がドーパされた窒化物半導体層が成長されていることを特徴とする。その窒化物半導体層のn型不純物濃度は、第2の主面近傍の窒化物半導体基板のn型不純物濃度よりも大きくすることが望ましい。

【0009】第1の層はW、Al、Ti、Zr、V、Nbからなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことを特徴とする。好ましい具体例としては、W/Al、Ti/Al、Ti/Au、V/Al、V/Auが挙げられる。

【0010】第2の層はW、Ti、Zr、Pt、Mo、Au、Niからなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことを特徴とする。

【0011】第3の層はAu、Ge、Si、Agからなる群から選択された少なくとも一種の金属と、Sn若しくはInとを含むことを特徴とする。好ましい組み合わせとしては、Au/Sn(In)、Au/Ge/Sn(In)、Au/Ag/Sn(In)が挙げられる。

【0012】また、窒化物半導体基板の第1の主面と、第2の主面との間に少なくともInを含む窒化物半導体層が形成されていることを特徴とする。Inを含む窒化物半導体は、InGaN層を有する層が好ましく、単層でもまたInGaNとInを含まない層とを積層した多層膜でも良い。この層を形成することにより、窒化物半導体基板が劈開されやすくなる傾向にある。基板を劈開する場合、窒化物半導体のM面(11-00)、即ち、窒化物半導体の結晶形を六角柱で近似した場合、その側面に相当する6種類の面で劈開することが望ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明ではn型不純物をドーパしたn型窒化物半導体基板の第2の主面(以下、第2の主面を裏面ということがある。)側に、少なくとも3層構造を有するn電極を設けている。第1の層は基板裏面側のn型窒化物半導体と良好なオーミックを得るための電極材料を含む層である。またこの第1の層は窒化物半導体基板の裏面に必ずしも接して形成する必要はなく、例えば、窒化物半導体基板の裏面上に、さらに成長された窒化物半導体層を介して成長されていても良い。裏面側にさらに成長される窒化物半導体層のn型不純物濃度は、窒化物半導体基板裏面近傍のn型不純物濃度(例えば5 $\mu$ m)よりも、大きくすることが望ましい。この作用は、新たに窒化物半導体を裏面側に成長させることにより、研磨、剝離等により裏面側に受けたダメージをas-grownの窒化物半導体で回復することができる。さらに、その新たに成長させる窒化物半導体層のn型不純物

濃度を、裏面近傍よりも大きくして、その層をコンタクト層とすると、オーミック性がさらに良くなり、順方向電圧を低下させることができる。

【0014】窒化物半導体基板のn型不純物濃度は $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上、 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下で、好ましくは $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下に調整する。 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ よりも多いと、窒化物半導体基板の結晶性が悪くなって、結晶欠陥が多くなる傾向にある。また $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ よりも少ないと、十分なキャリア濃度が窒化物半導体基板に付与できず、裏面側に電極を形成すると、駆動電圧が高くなる。裏面側に新たに形成する窒化物半導体層の好ましい不純物濃度としては $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上、さらに好ましくは $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上にする。またこの高n型不純物濃度の窒化物半導体と第2の主面との間に、アンドープ若しくはn型不純物濃度が裏面近傍よりも少ない窒化物半導体を0.1 $\mu$ m以下の膜厚で形成しても良い。アンドープ、少量n型不純物濃度の窒化物半導体層は、裏面側に受けたダメージを回復して、高キャリア濃度のn型窒化物半導体をその上に成長しやすくする。n型不純物としてはSi、Ge、Sn、S、Ti、Zr等が挙げられるが、最も好ましくはSiを用いる。なお、高不純物濃度の窒化物半導体の膜厚は特に限定しないが、通常10 $\mu$ m以上、10 $\mu$ m以下の膜厚で成長させることが望ましい。

【0015】窒化物半導体基板の第1の主面上に素子構造を形成して、第2の主面側に電極を形成して、第2の主面側をダイボンディングする場合、その接着性、電極材料の安定性が非常に重要である。本発明の素子では、第1の層によりn型窒化物半導体と良好なオーミック接触を得ている。さらに、第2の層はバリア層であり、素子駆動中、電極形成時あるいはメタライジング等の熱処理により、電極材料が拡散して、オーミックを損なわないようにしている。さらに第3の層は支持体との低温での接着強化層であり、Sn、若しくはInを含む層とすることにより、例えばヒートシンク、サブマウント、リードフレームのような支持体の密着性を向上させることができる。しかし前記のように、熱処理等でSn、Inが拡散すると、n電極のオーミック性を悪くする恐れがある。本発明ではAlよりも高融点金属を有する第2の層がバリア層として作用しているため、第3の層に含まれるSn、Inが拡散することが無く、安定したオーミックが得られることができる。さらに、通常ウェーハからチップ状の素子を作製する場合、基板裏面側にn電極を形成してから、劈開、ダイシング等により分離される。本発明の素子ではn電極が3層構造を有しているために、劈開時、ダイシング等の物理的作用により電極と基板との界面にストレスが係っても、電極が基板から剥がれにくくなる。

【0016】第1の層はW、Al、Ti、Zr、V、N

(4)

bからなる群から選択された少なくとも一種の金属を含み、好ましくはこの内の少なくとも2種類、少なくとも一種とAuを加えた、少なくとも2種類とすることが望ましい。第1の層は合金の状態でも、あるいは多層膜構造でも良い。好ましい具体例としては、W/AI、Ti/AI、Ti/Au、V/AI、V/Auが挙げられ、これらの組み合わせにおいて、金属の比は特に限定しない。

【0017】第2の層はW、Ti、Zr、Pt、Mo、Au、Niからなる群から選択された少なくとも一種の金属を含み、特に好ましくはW、Ti、Pt、Niを用いる。これらの金属はバリア層として作用し、第3の層のSn、Inが第1の層に拡散するのを防止できる。第2の層は第1の層よりも厚く形成する方がバリア層として好ましい。

【0018】第3の層はAu、Ge、Si、Agからなる群から選択された少なくとも一種の金属と、Sn若しくはInを含む層とすることが望ましい。好ましい組み合わせとしては、Au/Sn(In)、Au/Ge/Sn(In)、Au/Ag/Sn(In)が挙げられ、第3の層も合金の状態でも、多層膜の状態でも良い。これらの組み合わせからなる層は、特に支持体と強い接着力を有する。

【0019】例えば、基板の劈開により少なくとも一つの端面が露出されるようにチップ状に分離される場合、n電極は基板の裏面のほぼ全面に形成されていても、本発明の3層構造の電極は裏面から剥がれにくい。

【0020】

【実施例】図1は本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、共振面に平行な方向で素子を切断した際の図を示すものである。以下、この図を元に実施例1について説明する。なお本発明の素子はレーザ素子に限定されるものではない。

【0021】【実施例1】2インチ角のSiドープGaNよりなる窒化物半導体基板10を用意する。この窒化物半導体基板10は、以下のようにして成長させたものである。

【0022】(窒化物半導体基板10) 2インチφ、C面を主面とするサファイアよりなる異種基板1をMOVPE反応容器内にセットし、500℃で、トリメチルガリウム(TMG)、アンモニア(NH<sub>3</sub>)を用い、GaNよりなる低温バッファ層を200オングストロームの膜厚で成長させる。低温バッファ層成長後、1050℃で同じくGaNよりなる下地層を4μmの膜厚で成長させる。下地層成長後、ウェーハを反応容器から取り出し、この下地層の表面に、ストライプ幅10μm、ストライプ間隔(窓部)2μmのSiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を形成する。保護膜形成後、ウェーハを再度MOVPEの反応容器内にセットし、温度を1050℃にして、TMG、アンモニアを用い、アンドープGaN層を5μm成

長させ、SiO<sub>2</sub>の表面を覆う。

【0023】第1のGaN層11：成長後、ウェーハをMOVPE装置からHVPE装置に移送しGaメタルと、アンモニア、HCl、不純物ガスとしてシランガスをを用い、Siを $3 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ドープしたn型GaN層よりなる第1のGaN層11を200μmの膜厚で成長させる。

【0024】中間層12：次に800℃において、TMI(トリメチルインジウム)、TMG、アンモニアを用い、アンドープIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる中間層12を500オングストローム成長させる。

【0025】第2のGaN層13：次に、900℃にして、Siを $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなる第2のGaN層13を1μmの膜厚で成長させる。第2のGaN層13は、中間層12の成長温度とほぼ同じ、若しくは中間層の成長温度より高温で、かつn側クラッド層21の成長温度よりも低温で成長させることにより、Inを含む中間層の分解を防止でき、結晶性の良い層を成長できる。なおこの第2のGaN層は窒化第1のGaN層と同一組成とすることが望ましい。第2のGaN層成長後、サファイア基板側から研磨して、サファイア基板、低温成長バッファ層、下地層、保護膜及びアンドープGaN層を除去することにより、総膜厚170μmの第1のGaN層11、中間層12及び第2のGaN層13からなる窒化物半導体基板10を作製する。なお、中間層12及び第2のGaN層13は、第1のGaN層11成長後、サファイア基板からアンドープGaN層までを除去した後、as-grown側の第1のGaN層の表面に形成しても良い。

【0026】(素子構造成長) 次に、第2のGaN層13の上に、30オングストロームのアンドープAl<sub>0.16</sub>Ga<sub>0.84</sub>N層/30オングストロームのSiドープn型GaN層との超格子構造からなる総膜厚1.2μmのn側クラッド層14

0.1μmのアンドープGaNからなるn側光ガイド層15、100オングストロームのSiドープIn<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>N障壁層/40オングストロームのアンドープIn<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N井戸層との多重量子井戸構造からなる総膜厚380オングストロームの活性層16

0.1μmのアンドープGaNからなるp側光ガイド層17

30オングストロームのMgドープAl<sub>0.16</sub>Ga<sub>0.84</sub>N層/30オングストロームのアンドープGaN層との超格子構造からなる総膜厚0.6μm p側クラッド層18 150オングストロームのMgドープp型GaNからなるp側コンタクト層19を順に積層する。

【0027】(n側コンタクト層40) 活性層を含むダブルヘテロ構造の素子構造成長後、ウェーハを反対にひっくり返し、サファイア基板除去側の窒化物半導体基板10を上にする。そしてこの研磨側の窒化物半導体基板

(5)

10の上に、Siを $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>0.5</sub>Nよりなるn側コンタクト層40を5 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。

【0028】(p電極形成工程) 以上のようにして窒化物半導体を成長させたウェーハを反応容器から取り出し、最上層のp側コンタクト層19の表面に、所定の形状のマスキングを介して、幅1.5 $\mu\text{m}$ のストライプからなるSiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を形成する。保護膜形成後、図1に示すように、p側クラッド層18とp側光ガイド層17との界面付近までエッチングを行い、幅1.5 $\mu\text{m}$ のストライプ状の導波路を形成する。

【0029】ストライプ導波路形成後、窒化物半導体層の表面にZrO<sub>2</sub>よりなる絶縁膜100を形成する。絶縁膜100形成後、p側コンタクト層の上に形成したSiO<sub>2</sub>を溶解除去し、リフトオフ法によりSiO<sub>2</sub>と共に、p側コンタクト層の上にあるZrO<sub>2</sub>を除去する。

【0030】絶縁膜100形成後、Ni/Auからなるp電極20を図1に示すように、絶縁膜100を介してp側コンタクト層19と良好なオーミックが得られるように形成する。

【0031】(n電極30形成工程)

第1の層31:次に、n側コンタクト層40のほぼ全面にTiを0.01 $\mu\text{m}$ 、その上にAlを0.05 $\mu\text{m}$ 製膜する。

第2の層32:第1の層と同一面積で、Ti0.05 $\mu\text{m}$ を製膜し、その上にとNi0.05 $\mu\text{m}$ を製膜して第2の層32を0.1 $\mu\text{m}$ 製膜する。

第3の層33:第2の層の上にAu(80%) / Sn(20%)合金よりなる第3の層を1 $\mu\text{m}$ 製膜する。

【0032】その後、ウェーハを300℃で熱処理する。熱処理後、電極を部分的にエッチングして、電極間の電流、電圧をオーミックコンタクトを測定したところ、ほぼ直線を示し、良好なオーミックコンタクトが得られていることが確認された。

【0033】以上のようにしてp、n両電極形成後、窒化物半導体基板10のM面で基板10を劈開して、ウェーハをバー(bar)状と成し、そのバーの劈開面に共振面を作製する。さらに共振面に垂直な方向でバーをダイシングして400 $\mu\text{m}$ (共振器長)×400 $\mu\text{m}$ 角のレーザチップとする。レーザチップ作製後、n電極がn側コンタクト層40から剥がれたものはなかった。

【0034】レーザチップ作製後、n電極30側をAuでメタライズされたヒートシンクに熱圧着して、図1に示すようにAu線をワイヤーボンディングしてレーザ素子とする。このレーザ素子に室温でレーザ発振を試みたところ、発振波長408.5nm、閾値電流密度2kA/cm<sup>2</sup>において室温連続発振を示し、閾値における電圧は従来のものに比較して、約10%低下した。さらに電流値を上げて出力を上げ、40mWとして20時間連続発振させた後も、40mWにおける電圧、電流とも、最

初とほとんど変化しなかった。また素子の長辺の方向から、真横に1kgの加重を負荷して素子を剥がそうと試みたところ、強固に付着しており、素子の剥がれはなかった。

【0035】さらに実施例1において、第2の層をTi / Niに代えて、W、Zr、Pt、Mo、Auをそれぞれ0.1 $\mu\text{m}$ 厚で形成したところ、実施例1とほぼ同一の特性を有するレーザ素子が得られた。

【0036】一方、実施例1で第2の層をAlとしたところ、時間経過と共に、閾値電流、電圧が上昇し、約10時間で素子の寿命が切れた。そのn電極を分析してみると、第1の層は積層構造ではなく、TiとAlとが一部合金したような状態となり、さらに第1の層側にSnが拡散してきていた。なお本実施例では第1の層は一部Ti、Alが合金化した状態、第2層はNi、Tiが一部合金化した状態となっていた。

【0037】[実施例2] 実施例1のn電極30形成工程において、第1の層をW(0.01 $\mu\text{m}$ ) / Al(0.05 $\mu\text{m}$ )との積層構造とし、第2の層にW(0.1 $\mu\text{m}$ )を形成し、第3の層にAu(80%)、Sn(20%)を含む層とする他は実施例1と同様にレーザ素子を作製したところ、実施例1とほぼ同等の特性を有する素子が得られた。さらに中間層にWに代えてTi、Zr、Pt、Mo、Au、Niをそれぞれ同一膜厚で形成したところ、ほぼ同等の特性を有する素子が得られた。

【0038】[実施例3] 実施例1のn電極30形成工程において、第1の層をW(0.01 $\mu\text{m}$ ) / Al(0.05 $\mu\text{m}$ )との積層構造とし、第2の層にPt(0.1 $\mu\text{m}$ )を形成し、第3の層にAu(80%)、Si(10%)、In(10%)を含む層とする他は実施例1と同様にレーザ素子を作製したところ、実施例1とほぼ同等の特性を有する素子が得られた。さらに中間層にPtに代えて、W、Ti、Zr、Mo、Auをそれぞれ同一膜厚で形成したところ、ほぼ同等の特性を有する素子が得られた。なお第1の層はWとAlとが一部合金化したような状態となっており、その上に第2の層であるPt層、その上に第3の層であるAu、Si、In合金からなる3層構造を有していた。

【0039】[実施例4] 実施例1のn電極30形成工程において、第1の層をTi(0.01 $\mu\text{m}$ ) / V(0.01 $\mu\text{m}$ )、Au(0.08 $\mu\text{m}$ )との積層構造とし、第2の層にZr(0.1 $\mu\text{m}$ )を形成し、第3の層にAu(80%)、Ge(10%)、Sn(10%)を含む層とする他は実施例1と同様にレーザ素子を作製したところ、実施例1とほぼ同等の特性を有する素子が得られた。さらに中間層にZrに代えて、W、Ti、Pt、Moをそれぞれ同一膜厚で形成したところ、ほぼ同等の特性を有する素子が得られた。なお、第2の層においてAuを試していないのは第1の層で最後にA

(6)

uが積層されていることによる。

【0040】【実施例5】実施例1のn電極30形成工程において、第1の層をZr(0.01 $\mu$ m)/Nb(0.01)/Au(0.04 $\mu$ m)との積層構造とし、第2の層にMo(0.1 $\mu$ m)を形成し、第3の層にAu(80%)、Ag(5%)、Sn(15%)を含む層とする他は実施例1と同様にしてレーザ素子を作製したところ、実施例1とほぼ同等の特性を有する素子が得られた。さらに中間層にMoに代えて、W、Ti、Pt、Zrをそれぞれ同一膜厚で形成したところ、オーミック性は実施例1のものに比べてやや劣るが、ほぼ同等の特性を有する素子が得られた。

【0041】【実施例6】実施例1において、n側コンタクト層40を形成せずに直接、窒化物半導体基板の裏面側にn電極30を形成する他は同様にしてレーザ素子を得たところ、オーミック性は実施例1のものに比べてやや劣るが、ほぼ同等の特性を有する素子が得られた。

【0042】

【発明の効果】このように本発明の素子によると、GaN基板と良好なオーミック性が得られて、しかも接着力が良く、劣化しにくい安定したn電極が提供できる。なお本明細書では最も過酷な条件で使用するレーザ素子について説明したが、本発明はレーザ素子だけでなく、

GaN基板を用い、そのGaN基板の裏面にn電極が形成される全ての窒化物半導体素子に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

- 10・・・窒化物半導体基板
- (11・・・第1のGaN層)
- (12・・・中間層)
- (13・・・第2のGaN層)
- 14・・・n側クラッド層
- 15・・・n側光ガイド層
- 16・・・活性層
- 17・・・p側光ガイド層
- 18・・・p側クラッド層
- 19・・・p側コンタクト層
- 40・・・n側コンタクト層
- 20・・・p電極
- 30・・・n電極
- (31・・・第1の層)
- (32・・・第2の層)
- (33・・・第3の層)
- 100・・・絶縁膜

【図1】

